

# НЕКОТОРЫЕ ВАРИАНТЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ МАГНИЯ И ЕГО СПЛАВОВ

*Дедюхин Д.В.*

*Руководитель – проф., д.т.н. Логинов Ю.Н.*

ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н.Ельцина»,  
г. Екатеринбург  
unl@mtf.ustu.ru

В отличие от титана и циркония в магнии отсутствует переход из состояния низкотемпературной фазы в высокотемпературную фазу, т.е. вариативность условий обработки металла оказывается меньше.

Гексагональное строение кристаллической решетки магния и его сплавов обуславливает некоторые особенности процесса деформации и свойств получаемых полуфабрикатов. При комнатной температуре скольжение в кристаллической решетке магния происходит только по одной плоскости базиса гексагональной призмы, чем объясняется низкая пластичность сплавов при этой температуре. Поэтому все операции обработки давлением производятся в нагретом состоянии. В процессе деформации при температурах выше 200...225 °С появляются дополнительные плоскости скольжения и пластичность магния и его сплавов резко повышается.

Известно, что металлы с гексагональной решеткой обладают повышенным уровнем анизотропии, это приводит к необходимости учета указанного фактора при назначении технологических параметров.

Японские исследователи из компании Sankyo Aluminum Industry изучали влияние параметров прессования сплава AZ31 (Mg-3,091 % Al, 1,023 % Zn, 0,421 % Mn) на свойства полученного полуфабриката. Для исследования они использовали прессовую установку, схема которой приведена на рис.1.

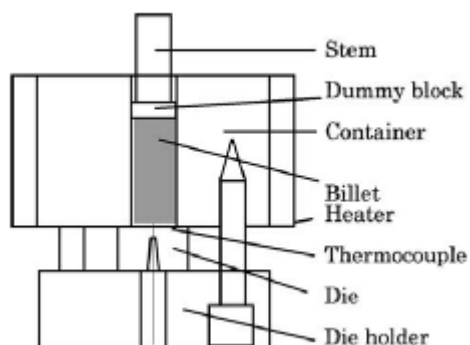


Рисунок 1. Схема прессовой установки для деформации магниевого сплава AZ31

Авторам исследования удалось перебрать коэффициенты вытяжек в довольно большом интервале: от 5 до 100 и получить информацию о свойствах полученного полуфабриката. На рис. 2 приведены значения

временного сопротивления в зависимости от коэффициента вытяжки и наличия операции гомогенизации.

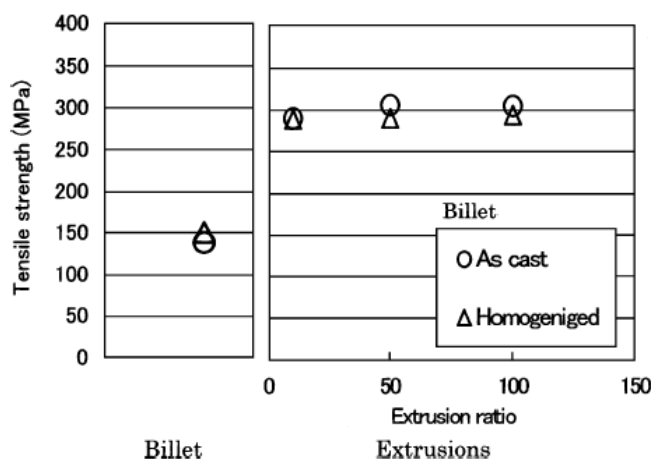


Рисунок 2. Зависимость временного сопротивления магниевого сплава AZ31 от коэффициента вытяжки и состояния материала заготовки

Из рисунка видно, что после прессования прочность сплава резко возрастает, но по мере нарастания степени деформации не наблюдается прироста прочности. Гомогенизация мало сказывается на значениях временного сопротивления. Выявлено, что при увеличении скорости прессования относительное удлинение снижается. При повышенной температуре прессования (до 450 °С) при увеличении скорости прессования снижается также и прочность полуфабриката. Авторы обнаружили, что при увеличении скорости происходит увеличение размера зерна, что объясняет вышеупомянутые эффекты.

Отдельного внимания заслуживает явление сверхпластичности магниевого сплава ZK60A (Mg – 5,8 % (масс.) Zn – 0,65 % (масс.) Zr). Методом достижения явления сверхпластичности являлось формирование мелкого зерна за счёт последовательной трехступенчатой деформации.

Перед пластической обработкой сплав гомогенизировали при температуре 450 °С в течение 24 ч. Затем он был деформирован прямой экструзией с общей степенью деформации около 0,8 в температурном интервале от 390 до 330 °С. Прессованные заготовки разрезали на цилиндры диаметром 90 и длиной 180 мм. Эти цилиндры осаживали при температуре 350 °С со степенью деформации 1,4. Из осаженого материала вырезали заготовки размерами 8,4×45×180 мм<sup>3</sup>. Заготовки нагревали до температуры 300 °С, выдерживали в течение 30 мин и прокатывали в листы длиной 200, шириной 70 и толщиной 2,5 мм с обжатием 20...50 % за один проход. Суммарное обжатие составило 70 %. Направление прокатки было параллельно оси сжатия при предыдущем деформировании.

Трехступенчатая деформация при повышенных температурах обеспечивает формирование в листах из магниевого сплава структуры, состоящей из очень мелких зерен (средний размер зерен составляет 3,7 мкм). Формирование структуры с ультрамелким зерном в сплаве

ZK60A позволяет провести горячую прокатку при более низкой температуре. Изготовленные листы характеризуются высокими механическими свойствами при комнатной температуре ( $\sigma_b = 304$  МПа,  $\sigma_{0.2} = 233$  МПа,  $\delta = 34$  %) и сверхпластичностью ( $\delta = 1174$  %) в интервале температур 200...300 °С.

Необычную методику для формоизменения магниевого сплава AZ31 применили китайские исследователи из университета Shanghai Jiao Tong University, Light Alloy Net Forming National Engineering Research Center. Авторы назвали новый метод деформации «C shape equal channel reciprocating extrusion» (CECRE). Установка представляет собой криволинейный канал (рис. 3,а), через который многократно пропрессовывается заготовка.

В результате знакопеременного пластического изгиба заготовка нагартовывается, что иллюстрируется графиком накопления твердости по проходам обработки (рис. 3,б). Исследователям удалось накопить степень деформации до величины 11 без признаков разрушения металла.

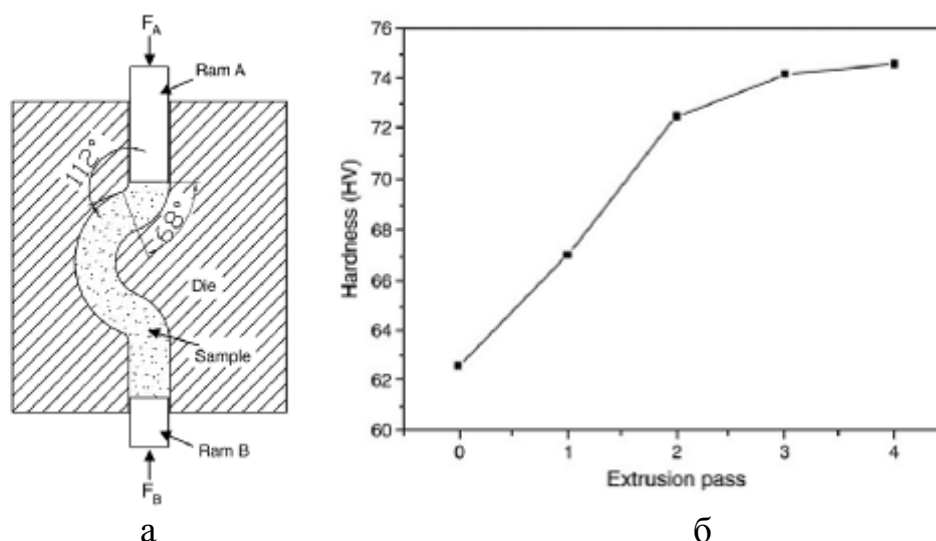


Рисунок 3. Установка для деформации магниевого сплава (а) и график накопления твердости магниевого сплава по проходам процесса CECRE (б)

Можно рассчитать соответствующий этой величине деформации эквивалентный коэффициент вытяжки:  $\lambda = \exp(11) = 59874$ . При этом относительное обжатие оказывается равно 99,998 %.

После четырех проходов деформации был определен средний размер зерна на уровне 3,6 мкм и обнаружено много зерен с размером менее 500 нм.

Результаты обзора показывают, что для повышения свойств магния и его сплавов возможно применение методов интенсивной деформации.